

to OOC Beheer BV (Eric Nooijen)
 cc MACE (Frans Meulenmeesters), Royal Haskoning DHV (Sandro Janssen)
 author Thijs Adriaans, Ralf van der Zanden
 subject toelichting stikstofbalans MACE "stresstest: 100%" (RHDHV Bijlage M10.2b)
 our ref 1958588-MEM-0003-02
 projectnr. 1758367
 date 7-5-2019

Introductie

MACE werkt aan de realisatie van een mestbewerkingsinstallatie op het terrein van OOC T2 aan de Merwedestraat 5 te Oss. Ingenia heeft een technisch schetsontwerp gemaakt voor deze installatie, waarin ruwe drijfmest wordt bewerkt tot gehygiëniseerde rulle fractie, mineralenconcentraat en schoon water. Deze memo onderbouwt de stikstofbalans voor de installatie zoals gevraagd door bevoegd gezag in het kader van de Wnb- en Omgevingsvergunning, uitgaande van een niet realistisch "stresstest" scenario waarbij 100% van de minerale stikstof uit de hygiënisatie naar de lucht gaat en waarbij dus de systemen voor reiniging van proceswater en proceslucht zwaar belast worden.

Onderliggende documentatie

Het ontwerp is grafisch weergegeven in het processchema "PFD stikstofbalans MACE", versies "25%" en "100%". Dit PFD is onderdeel van een Excel-rekenblad waarin de complete massabalans van de MACE-installatie wordt gemodelleerd op basis van met MACE overeengekomen uitgangspunten. Het model is een pragmatische benadering van de door MACE gewenste installatie in een Excel-sheet. Hieruit volgen beperkingen aan de hanteerbaarheid van het model; de uitkomsten zijn met een gegeven onnauwkeurigheid uiteraard wel correct.

1. Stikstof ingaand

Om de stikstofbalans te kunnen opstellen, moet worden bepaald wat het stikstofgehalte in de ingenomen mest is en hoe deze gehalten doorwerken in de verschillende processtappen die in de verwerkingsinstallatie worden doorlopen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen minerale stikstof en organisch gebonden stikstof. Daarbij omvat de minerale stikstof ammonium en theoretisch ook nitraat, deze laatste is echter in drijfmest verwaarloosbaar klein.

De organisch gebonden stikstof omvat alle stikstof die organisch gebonden is. Dit betreft bijvoorbeeld ureum en aminozuren. De samenstelling van de input zoals deze door MACE jaarrond gemiddeld verwacht wordt, is als volgt.

Tabel 1 – eigenschappen ruwe drijfmest als input

	aandeel	d.s.%	o.s.%	o.d.s. (%)	Ntot (kg/t)	Nmin (kg/t)	Norg (kg/t)
Vleesvarkensmest	45%	9,0%	6,8%	75,6%	7,0	3,7	3,3
Zeugenmest	45%	3,0%	2,5%	83,3%	5,0	3,3	1,7
Nertsenmest	5%	12,0%	7,7%	64,4%	8,3	4,7	3,6
Koeienmest	5%	8,0%	6,2%	77,5%	4,0	1,9	2,1
Totaal mest	100%	6,4%	4,9%	78,6%	6,0	3,5	2,5
Uitgangspunt MACE		8,0%	4,9%		6,0	4,0	2,0

Hierbij is de regel 'uitgangspunt MACE' de ontwerpgrondslag. Deze samenstelling wordt bewust gehanteerd om de eisen aan de installatie niet te over- of te onderschatten. De waarden in de tabel zijn grotendeels in overeenstemming met <http://www.eurolab.nl/meststof-organisch-v.htm>.

Alle stikstofgehalten in dit document zijn per ton a.r. ('op origineel'; 'natte mest').

Gebaseerd op een innamecapaciteit van 500.000 ton/jaar ruwe drijfmest, kan de jaarvrucht (totale inname) van stikstof (Ntot) worden berekend als 3.000 ton/jaar (500.000 ton à 6 kg/ton). De totale inname van minerale stikstof is analoog berekend als 2.000 ton/jaar.

2. Dik/dun scheiding

Voor de verdeling van de droge stof en tevens totale stikstof en minerale stikstof over de dikke en dunne fractie is aangesloten bij het meest recente BBT-document over mestverwerking (VITO 2007; tabel hieronder). Er is de laatste twintig jaar uitgebreid onderzoek gedaan aan de samenstelling van mest uit diverse types scheiding. De grootteordes van de hier gebruikte scheidingsrendementen worden gestaafd door diverse andere documenten van o.a. WUR. Door de aard van mest als natuurproduct is een bandbreedte in de getallen onvermijdelijk. Voor het gewenste scheidingsrendement bij de zeefbandpersen zal MACE vlokmiddel (flocculant) toepassen. Door de lage dosering (ca. 1% op input) is dit op de totale massa verwaarloosbaar. Het flocculant bevat geen stikstof en is dus voor de stikstofbalans niet relevant.

Voor de vijzelpersen geldt dat 92% van de totale stikstof in de dunne fractie komt en 8% in de dikke fractie. De vijzelpersen produceren een dikke fractie met 30% droge stof en een dunne fractie met 5,9% droge stof.

Voor de zeefbandpersen geldt dat 48% van de totale stikstof in de dunne fractie komt en 52% in de dikke fractie. De zeefbandpersen produceren een dikke fractie met 24% droge stof en een dunne fractie met 2% droge stof.

Voor de vijzelpersen geldt dat 98% van de minerale stikstof in de dunne fractie komt en 2% in de dikke fractie.

Voor de zeefbandpersen geldt dat 56% van de minerale stikstof in de dunne fractie komt en 44% in de dikke fractie.

Literatuur 1 – tabel 4.16 uit VITO (2007): Beste beschikbare technieken (BBT) voor mestverwerking derde editie

Tabel 4.16: Scheidingsefficiëntie per type scheider, percentages van de parameters nog aanwezig in de dunne fractie t.o.v. de ruwe mest

Parameter	Centrifuge	Vijzelpers	Zeefbandpers
Droge stof	47	73	24
Organische stof	40	60	15
N totaal	80	92	48
N mineraal	87	98	56
P ₂ O ₅	24	86	9
K ₂ O	96	99	88
Na ₂ O	96	95	89
CaO	31	80	4
MgO	12	86	3
aantal stalen	72	5	2

Bron: BDB

Hieruit resulteert de verdeling van stikstofproducten als weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 2 – verdeling totale en minerale stikstof over dikke en dunne fractie vijzelpersen

	vracht (ton/jr a.r.) @ drogestofgehalte	Ntot (kg/t) vracht (ton/jr)	Nmin (kg/t) vracht (ton/jr)
Input naar vijzelpersen (drijfmest)	500.000 t/jr @ 8%	6 kg/t 3.000 ton/jr	4 kg/t 2.000 ton/jr
Dikke fractie uit vijzelpersen	43.568 t/jr @ 30%	5,5 kg/t 240 ton/jr	0,9 kg/t 40 ton/jr
Dunne fractie uit vijzelpersen = input naar zeefbandpersen	456.432 t/jr @ 5,9%	6 kg/t 2.760 ton/jr	4,3 kg/t 1.960 ton/jr
Dikke fractie uit zeefbandpersen	80.913 t/jr @ 24%	17,7 kg/t 1435 ton/jr	10,7 kg/t 862 ton/jr
Dunne fractie uit zeefbandpersen	375.519 t/jr @ 2,0%	3,5 kg/t 1.325 ton/jr	2,9 kg/t 1.098 ton/jr

Rekenblad 1 – uittreksel model massabalans (Ingenia) ter verantwoording scheidingsrendementen

Input					
500.000 ton/jaar					
8,0% droge stof					
6,0 kg N-tot per ton	3.000 ton/jaar N-totaal				
4,0 kg N-min per ton	2.000 ton/jaar N-min				
3,6 kg P2O5 per ton	1.800 ton/jaar P2O5				
7,0 kg K2O per ton	3.500 ton/jaar K2O				
Dik-dun scheiding 1: vijzelpersen					
8% van N-totaal naar dikke fractie					92%
2% van N-mineraal naar dikke fractie					98%
14% van P2O5 naar dikke fractie					86%
1% van K2O naar dikke fractie					99%
Dikke fractie naar tussenbuffer hygiënisatie		laag	hoog	Dunne fractie naar zeefbandpersen	
30,0% droge stof in dikke fractie		24%	30%	5,9% droge stof in dunne fractie	
43.568 ton/jaar dikke fractie				456.432 ton/jaar dunne fractie	
13.071 ton/jaar droge stof				26.929 ton/jaar droge stof	
5,51 kg/ton	240 ton/jaar N-totaal			6,05 kg/ton	2.760 ton/jaar N-totaal
0,92 kg/ton	40 ton/jaar N-min			4,29 kg/ton	1.960 ton/jaar N-min
5,78 kg/ton	252 ton/jaar P2O5			3,39 kg/ton	1.548 ton/jaar P2O5
0,80 kg/ton	35 ton/jaar K2O			7,59 kg/ton	3.465 ton/jaar K2O
Dik-dun scheiding 2: zeefbandpersen					
52% van N-totaal naar dikke fractie					48%
44% van N-mineraal naar dikke fractie					56%
91% van P2O5 naar dikke fractie					9%
12% van K2O naar dikke fractie					88%
Dikke fractie naar tussenbuffer hygiënisatie		laag	hoog	Dunne fractie naar tussenbuffer indamper	
24,0% droge stof in dikke fractie		24%	30%	2,0% droge stof in dunne fractie	
80.913 ton/jaar dikke fractie				375.519 ton/jaar dunne fractie	
19.419 ton/jaar droge stof				7.510 ton/jaar droge stof	
17,74 kg/ton	1.435 ton/jaar N-totaal			3,53 kg/ton	1.325 ton/jaar N-totaal
10,66 kg/ton	862 ton/jaar N-min			2,92 kg/ton	1.098 ton/jaar N-min
17,41 kg/ton	1.409 ton/jaar P2O5			0,37 kg/ton	139 ton/jaar P2O5
5,14 kg/ton	416 ton/jaar K2O			8,12 kg/ton	3.049 ton/jaar K2O

De dunne fractie uit de zeefbandpersen wordt verwerkt in de indamper/stripser.

De dikke fractie uit beide persen wordt samen met het mineralenconcentraat uit de indamper/stripser verwerkt in de hygiënisatie (biologisch drogen).

3. Verwerking dunne fractie: indamper/stripser

De indamper/stripser combinatie heeft als doel het produceren van zo geconcentreerd mogelijke mineralenconcentraten en zo schoon mogelijk effluent uit de dunne fractie afkomstig van de zeefbandpersen en uit de spuistroom van de luchtwassers. Ook wordt hieraan toegevoerd het concentraat van de laatste omgekeerde osmose. Deze worden uit één buffertank gezamenlijk verwerkt. De installatie is door Ingenia in de totale massabalans doorgerekend aan de hand van leveranciersgegevens, uitgangspunten van MACE en grenswaarden uit de vergunning (uit 2016; intussen vernietigd). De lucht die uit de buffertank vrijkomt, wordt toegevoegd aan de proceslucht voor de hygiënisatie.

De indamper/stripser produceert een mineralenconcentraat dat met de dikke fractie naar de hygiënisatie (biologische droging) wordt gevoerd. Dit product bevat naast 96 kg/t K, tevens 35 kg/t N-totaal en ca. 28 kg/t N-mineraal.

De indamper/stripser produceert een hooggeconcentreerde (88 kg/t N) ammoniumsulfaat-oplossing, die als product wordt afgezet.

De indamper/stripser produceert tevens water in de vorm van condensaat, dat conform de garantiewaarde van leverancier maximaal 10 mg/m³ NH₄-N bevat (N_{min}). Dit water wordt naar de omgekeerde osmose geleid om te worden nagezuiverd tot maximaal 1 mg/m³ NH₄-N voor lozing op oppervlaktewater.

Literatuur 2 – opgave garantiewaarde condensaat door leverancier indamper-stripser (offerte p. 10)

FRANCE EVAPORATION

ZI A de Seclin Rue René CAUCHE 59139 NOVELLES LES SECLIN

MACE

20th June 2013

Quality of condensates:

For basic data:

- COD	< 50 mg/l
- N (NH ₄)	< 10 mg/l

Rekenblad 2 – overzicht inputs en outputs indamper-stripser

Inputs			
dunne fractie	spui luchtwassers	concentraat OO	totaal
375.519 ton/jaar	21.275 ton/jaar	482 ton/jaar	397.276 ton/jaar
7.510 ton/jaar droge stof	4.246 ton/jaar droge stof	3 ton/jaar droge stof	11.760 ton/jaar droge stof
1.325 ton/jaar N-totaal	902 ton/jaar N-totaal	3 ton/jaar N-totaal	2.230 ton/jaar N-totaal
1.098 ton/jaar N-min	902 ton/jaar N-min	3 ton/jaar N-min	2.003 ton/jaar N-min
139 ton/jaar P2O5	0 ton/jaar P2O5	0 ton/jaar P2O5	139 ton/jaar P2O5
3.049 ton/jaar K2O	0 ton/jaar K2O	0 ton/jaar K2O	3.049 ton/jaar K2O
Hulpstoffen			totaal incl. hulpstoffen
Zwavelzuur			411.680 ton/jaar
4.005 ton/jaar			15.764 ton/jaar droge stof
Stoom			2.230 ton/jaar N-totaal
10.400 ton/jaar			139 ton/jaar P2O5
			3.049 ton/jaar K2O
Outputs			
mineralenconcentraat	ammoniumsulfaat	loosbaar water naar O.O.	totaal
35.559 ton/jaar	12.478 ton/jaar	363.643 ton/jaar	411.680 ton/jaar
10.668 ton/jaar droge stof	5.178 ton/jaar droge stof	4 ton/jaar droge stof	15.850 ton/jaar droge stof
1.129 ton/jaar N-totaal	1.097 ton/jaar N-totaal	4 ton/jaar N-totaal	2.230 ton/jaar N-totaal
902 ton/jaar N-min	1.097 ton/jaar N-min	4 ton/jaar N-min	2.003 ton/jaar N-min
139 ton/jaar P2O5	0 ton/jaar P2O5	0 ton/jaar P2O5	139 ton/jaar P2O5
3.049 ton/jaar K2O	0 ton/jaar K2O	0 ton/jaar K2O	3.049 ton/jaar K2O

* De indamper gebruikt zwavelzuur (96% geconcentreerd) als hulpstof (zie RHDHV bijlage M9.2), deze komt in het product terecht. De indamper gebruikt tevens stoom (1,3 ton/uur @ 0,5 bar g volgens leverancier) als energiebron/hulpstof, ook deze komt in het product terecht. Deze is met name bij opstart benodigd, het stoomverbruik zal, zodra de installatie draait, waarschijnlijk afnemen. Hier is met de opgave van leverancier gerekend als worst case.

4. Verwerking dikke fractie: hygiënisatie

De dikke fracties uit de mechanische scheiding en het mineralenconcentraat uit de indamper/stripser worden gezamenlijk verwerkt vanuit één buffer. Het doel van de hygiënisatie is voornamelijk het drogen van de dikke fractie t.b.v. reductie van de massa met zoveel mogelijk behoud van het gehalte stikstof in het product. In de hygiënisatie wordt hiertoe, naast buitenlucht, de afgezogen lucht uit de procesruimten als input gebruikt.

De hygiënisatie produceert een gereed, rul mestproduct (60% d.s.) dat als organische meststof wordt afgezet. Het product wordt op deze specificatie gemaakt vanwege de toepasbaarheid (strooibeeld bij uitrijden).

De hygiënisatie produceert tevens vochtige lucht die o.a. ammoniak bevat en die in de gaswassers gereinigd wordt. Aan de hygiënisatie wordt percolaat toegevoerd (recycled) dat ontstaat uit de reiniging van het condensaat uit deze vochtige lucht.

In de hygiënisatie geldt dat ca. 50% van de totale stikstof is minerale stikstof. Omdat de precieze condities in de hygiënisatie vooraf niet te voorspellen zijn, heeft Ingenia de hygiënisatie op twee manieren doorgerekend. Doel van de twee berekeningen is een idee te krijgen van uitersten in de ammoniakconcentratie en dat in beide gevallen de juiste verwerking gewaarborgd is. Zie hiervoor de bijbehorende PFD (RHDHV bijlage M10.3 met 25% en 100%).

Om een maximumscenario te schetsen voor de ammoniak die bij de hygiënisatie kan vrijkomen, is in deze memo ermee gerekend dat 100% van de minerale stikstof vrijkomt als ammoniak naar de lucht. Benadrukt wordt dat dit geen realistisch scenario is, omdat er tussen NH_4^+ en NH_3 altijd een evenwicht zal heersen. Er zal dus in werkelijkheid altijd een zekere mate van minerale stikstof in de gehygiëniseerde dikke fractie achterblijven. Dit is ook gewenst vanwege de wens om zoveel mogelijk bemestende waarde (ook stikstof) in de dikke fractie te behouden. Dit scenario geeft echter wel een 'stresstest' voor de luchtverwerkende technieken (gaswassers en biobed).

In onderstaande tabel is samengevat wat er gebeurt met de input- en outputwaarden over de hygiënisering. De inputwaarden zijn (uiteraard) gelijk aan het "realistische" scenario. De verschillen ontstaan bij de outputs als gevolg van de gewijzigde verdeling van de minerale stikstof. De resulterende concentratie ammoniak in de lucht is met $2.426 \text{ mg/Nm}^3 \text{ N}$ ($2.946 \text{ mg/Nm}^3 \text{ NH}_3$) zoals gezegd onrealistisch hoog.

Te zien is dat de lucht naar de wassers wordt samengesteld uit hallucht ($3 \text{ mg/Nm}^3 \text{ N} = 4 \text{ mg/Nm}^3 \text{ NH}_3$) en lucht uit de tunnels ($2.426 \text{ mg/Nm}^3 \text{ N} = 2.946 \text{ mg/Nm}^3 \text{ NH}_3$). De gecombineerde lucht naar de wassers bevat volgens de berekening uiteindelijk $1.130 \text{ mg/Nm}^3 \text{ N} = 1.372 \text{ mg/Nm}^3$ ammoniak. Er resteert 1.903 ton/jaar totaal stikstof in het gehygiëniseerde product. Dit als gevolg van het feit dat de stikstof evenals in het realistische scenario in het gedroogde product terecht komt, maar nu als ammoniumsulfaat (zout).

Rekenblad 4 – uittreksel model hygiënisering uit massabalans (Ingenia)

Inputs				
mineralenconcentraat		dikke fractie vijzelpers	dikke fractie zeefbandpers	totaal
31.918 ton/jaar		43.568 ton/jaar	80.913 ton/jaar	156.400 ton/jaar
9.576 ton/jaar droge stof		13.071 ton/jaar droge stof	19.419 ton/jaar droge stof	42.065 ton/jaar droge stof
1.130 ton/jaar N-totaal		240 ton/jaar N-totaal	1.435 ton/jaar N-totaal	2.805 ton/jaar N-totaal
903 ton/jaar N-min		40 ton/jaar N-min	862 ton/jaar N-min	1.805 ton/jaar N-min
139 ton/jaar P2O5		252 ton/jaar P2O5	1.409 ton/jaar P2O5	1.800 ton/jaar P2O5
3.049 ton/jaar K2O		35 ton/jaar K2O	416 ton/jaar K2O	3.500 ton/jaar K2O
hallucht in				totaal incl. lucht
5.128 ton water/jaar				161.528 ton/jaar
1 ton/jaar N-totaal				42.065 ton/jaar droge stof
53.504 Nm3/h				2.807 ton/jaar N-totaal
3 mg/Nm3				1.800 ton/jaar P2O5
				3.500 ton/jaar K2O
Outputs				
droge organische meststof		afbraak organische stof	condensaat	totaal
59.592 ton/jaar		5.348 ton/jaar	70.676 ton water/jaar	135.617 ton/jaar
35.755 ton/jaar droge stof		5.348 ton/jaar droge stof		42.065 ton/jaar droge stof
1.903 ton/jaar N-totaal				1.903 ton/jaar N-totaal
903 ton/jaar N-min				903 ton/jaar N-min
1.800 ton/jaar P2O5				1.800 ton/jaar P2O5
3.500 ton/jaar K2O				3.500 ton/jaar K2O
verzadigde lucht uit				totaal incl. lucht
24.468 ton water/jaar		902 ton/jaar N-min in mest		160.085 ton/jaar
		100% van minerale N naar luchtfase		42.065 ton/jaar droge stof
902 ton/jaar N-totaal		902 ton/jaar N in lucht		2.807 ton/jaar N-totaal
46.496 Nm3/h				1.800 ton/jaar P2O5
2.426 mg/Nm3				3.500 ton/jaar K2O
Luchtbalans stikstof 100% N-min. naar luchtfase)				
46.496 Nm3/h lucht uit de tunnels				
2.426 mg/Nm3 N		2946 mg/Nm3 NH3		
4.166 ppm N		5059 ppm NH3		
53.504 Nm3/h lucht uit hal				
3 mg/Nm3 N		4 mg/Nm3 NH3		
5 ppm N		6 ppm NH3		
100.000 Nm3/h totaal lucht naar wassers				
1.130 mg/Nm3		1372 mg/Nm3 NH3		
1.940 ppm		2356 ppm NH3		
113 kg/uur N in lucht naar water				
904 ton/jaar N in lucht naar water				

Hygiëniseringsinstallatie MACE

De installatie die MACE voornemens is te bouwen in Oss, is vergelijkbaar met de Upcycling installatie in Gemert. De technieken die gebruikt worden voor de hygiëniseringsinstallaties, zoals de beluchte vloer, de recycling van luchtstromen en de warmteterugwinning zullen nagenoeg identiek zijn aan de installatie in Gemert. Doordat aldaar andere producten worden verwerkt, kan de performance en uitstoot (geur) wel anders zijn.

Uit de massabalans volgt een gemiddelde concentratie N in de lucht van 607 mg/Nm³ (in normale situatie) tot een onrealistische 2.426 mg/Nm³ (in “stresstest” scenario). Het gehalte ammoniak is zeer afhankelijk van de gebruikte grondstof (o.a. C/N verhouding) en de bedrijfsvoering van de hygiëniseringsproces. Over de duur van het (batchgewijze) hygiëniseringsproces zal de ammoniakemissie sterk fluctueren. Onderstaande tabel uit de BBT-studie mestverwerking (overigens identiek in de BBT-studie compostering) geeft een indruk van de mogelijke spreiding tijdens één en hetzelfde proces (in dit geval productie van champignonsubstraat). Hierbij moet worden aangemerkt dat de input voor champignonsubstraat geen varkensmest maar kippenmest betreft, die veel meer ammoniak bevat. De ammoniakconcentraties zullen bij varkensmest dus eerder lager zijn. Tevens moet worden aangemerkt dat bij installaties zoals MACE voorstaat, met meerdere tunnels, de gemiddelde ammoniakconcentratie wordt genivelleerd doordat de verschillende tunnels elk in een andere fase zijn en de luchthuishouding ervoor zorgt dat de pieken en dalen worden afgevlakt. Het is door al deze variaties lastig een uitspraak te doen over de gemiddelde concentratie ammoniak in de lucht bij installaties voor biothermisch drogen van mest. De berekende normale waarde past goed in het venster genoemd in de BBT-studie Mestverwerking¹ (>200 mg/Nm³).

Literatuur 3 – tabel 4.40 uit VITO (2007): Beste beschikbare technieken (BBT) voor mestverwerking derde editie

Tabel 4.40: NH₃-emissies gemeten bij een Vlaams champignonsubstraat bedrijf

Emissiepunt	NH ₃ -concentratie (mg/Nm ³)	Berekend gemiddeld Debiet (m ³ /h)	NH ₃ uitstoot (g/s)
Na 1 dag composteren	1 020	12 500	3,54
Na 6 dagen composteren	136	1 875	0,07
Afkoelingsfase	2 720	25 000	18,90
Pasteuriseringsfase	156	14 000	0,61
Conditioneringsfase	34	14 000-16 000	0,13-0,15
Percolaattank	7	9800	0,02

Algemeen kan worden opgemerkt dat het behouden van zoveel mogelijk stikstof in het te hygiëniseren product gewenst is, en daarmee een lage concentratie ammoniak in de lucht. Metingen aan de Upcycling installatie in Gemert uitgevoerd door SGS laten concentraties zien van slechts 101-118 mg/Nm³ bij een mengsel van champost en dikke fractie varkensmest (verhouding 350/90 ton). Het meetrapport is als bijlage toegevoegd. Hierbij moet worden aangemerkt dat die installatie tijdens de meting in een bedrijfssituatie was waarbij sprake was van een lage tot gemiddelde ammoniakconcentratie. Naar verwachting zullen tijdens normaal bedrijf van een dergelijke hygiëniseringsinstallatie met biologische droging, duidelijk hogere concentraties optreden. Om deze reden is door Ingenia ook in het realistische model bewust een benadering gebruikt met hoge concentratie ammoniak in de lucht (ca. 600 mg/Nm³). Enerzijds om de kwaliteit (verkoopwaarde) van het product rulle fractie niet te overschatten, anderzijds om de hoeveelheid stikstof als input voor de luchtreiniging niet te onderschatten.

¹ Vito BBT kenniscentrum – BBT voor Mestverwerking, pagina 201: “Voor installaties die N-rijke materialen verwerken kunnen te maken hebben met hoge NH₃-emissies (meer dan 200 mg/Nm³)”

Noot: in de praktijk ontstaan er slechts twee producten uit de hygiëniseringsproces: rulle fractie en vochtige lucht. Het condensaat ontstaat bij de afkoeling van de verzadigde lucht (dit is nodig om de temperatuur te reduceren, omdat de gaswassers en biobed een dergelijke hoge temperatuur niet verdragen). De afbraak organische stof is bovenstaand apart weergegeven om de balans herleidbaar te sluiten. In de praktijk zal deze afgebroken organische stof natuurlijk als CO₂ met de lucht ontwijken.

5. Verwerking lucht uit hygiëniseringsproces: luchtwassers en biobed

De afgekoelde, nog steeds vochtige, ongereinigde lucht uit de hygiëniseringsproces wordt verwerkt in een gecombineerde gasreiniging. Deze bestaat uit twee parallel geschakelde 'zure' luchtwassers en een biobed. De lucht moet vooraf worden afgekoeld omdat tenminste het biobed de hoge temperatuur van boven 60 °C niet verdraagt. Er moet worden verzekerd dat de temperatuur ten hoogste 38 °C is. Hiertoe kan de lucht in een warmtewisselaar worden afgekoeld, waarbij de onttrokken warmte nuttig kan worden toegepast of worden vernietigd. Als alternatief kan extra lucht uit de hal worden onttrokken, die voor de gaswassers kan worden bijgesuppleerd tot een totaal van 100.000 Nm³/uur. Aangenomen is een ammoniakconcentratie in de hallucht van 3 mg/Nm³ conform WUR Rapport 402 (2010) Emissies mestverwerkingsinstallaties.

Luchtdebieten

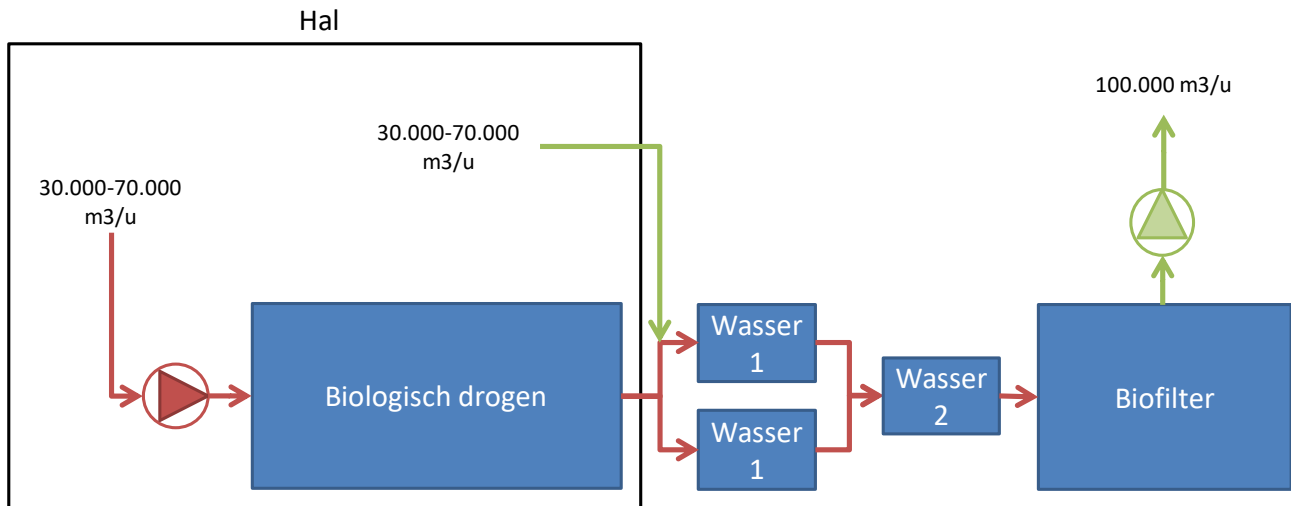
Het luchtdebiet zoals berekend in de massabalans is een gemiddelde van de luchtdebieten die kunnen voorkomen. Er zijn namelijk meerdere procesfasen per tunnel die kunnen voorkomen. Daarnaast is ook de gelijktijdigheid van de vijf tunnels niet continu en de procesfasen zullen hierbij voor iedere tunnel verschillend zijn in de tijd. Het gemiddelde luchtdebiet is gebaseerd op de lucht, benodigd voor het verdampen van de hoeveelheid water die uit de dikke fractie verwijderd moet worden. Dit gemiddelde is 60.000 Nm³/u voor alle vijf de tunnels bij een temperatuur in de hygiëniseringsprocessetunnels van 65°C. Weliswaar wordt ervan uitgegaan dat in het materiaal in de tunnels de benodigde 70°C volgens de eis van NVWA wel behaald wordt; voor de lucht wordt i.v.m. enig verlies naar de omgeving met 65°C gerekend.

De installatie kan een totaal luchtdebiet verwerken van 100.000 Nm³/u, waarbij de lucht die niet door de hygiëniseringsprocessetunnels gaat, direct wordt onttrokken uit de hal waarin zich de tunnels voor het biologisch drogen (hygiëniseren) bevinden. De lucht die wel gebruikt wordt in de tunnels, komt dus ook uit deze zelfde hal (zie schets in figuur 1 hieronder). Wanneer 60.000 Nm³/u in en uit de tunnels nodig is, resteert dus nog 40.000 Nm³/u direct uit de hal. De zuig/trekventilator* bij de schoorsteen controleert het totale debiet. De kleine ventilator* in de hal controleert het debiet dat door de hygiëniseringsproces gaat. Het verschil wordt langs natuurlijke weg aangezogen (groen). (* de tekst is voor de eenvoud in enkelvoud gesteld; constructief kunnen meerdere ventilatoren gekozen worden.)

De overdimensionering van de luchtdebieten is nodig om meerdere redenen:

1. Voor de afkoelfase van het biologisch drogen kan relatief veel lucht nodig zijn, zeker als veel tunnels tegelijkertijd zich in deze afkoelfase bevinden.
2. Om er zeker van te zijn dat er altijd een zekere hoeveelheid lucht uit de hal wordt weggezogen en dus de hal altijd voldoende geventileerd en op onderdruk blijft (en dus geen emissie door deuren etc. mogelijk is).

3. Om de lucht richting het biofilter extra te kunnen koelen wanneer de temperatuur van de lucht te hoog wordt (maximum toegestaan 38°C)



Figuur 1 – schets luchthuishouding hygiëniserende (biologisch drogen)

In de luchtwassers wordt de lucht 'gedouched' met een zure oplossing (in dit geval 96% zwavelzuur, zie RHDHV bijlage M9.2) over een pakking. Hiermee worden bij voldoende contacttijd het overgrote deel van de ammoniak en een kleiner deel geur uit de lucht gehaald. In het ontwerp van de beoogde leverancier van MACE wordt een contacttijd van meer dan 1 s bereikt. Navolgend wordt alleen de verwijdering van ammoniak beschouwd.

Een zure gaswasser voor de absorptie van ammoniak heeft een verwijderingsrendement van 99% op ammoniak (bron: Infomil² en EPA studie³). Er wordt een wasser in serie geschakeld met de eerste wasser, waarbij er vanuit wordt gegaan dat deze tweede wasser een lager verwijderingsrendement zal behalen door de lagere ingaande ammoniakconcentratie uit de eerste wasser. De specifieke configuratie van deze tweede (zure) wasstap wordt nader bepaald en zal een verwijderingsrendement van ten minste 70% behalen (bron: WUR⁴). Door de beide wassers in serie te schakelen ontstaat er dus een totaal verwijderingsrendement op ammoniak van 99,7% ($100\% - (1\% \times 30\%)$).

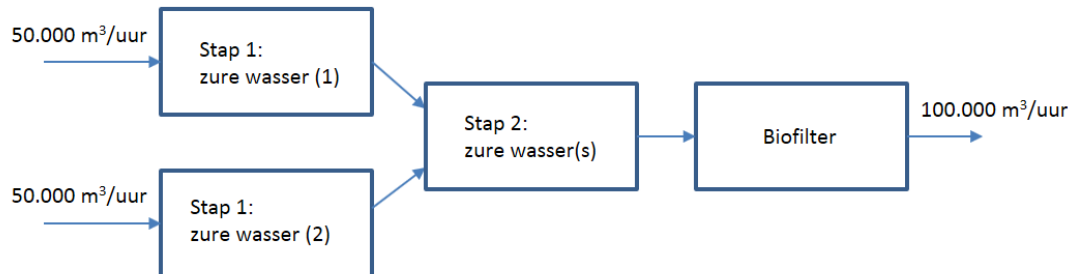
De eerste luchtwasser ('Wasser 1') wordt dubbel, in een parallelle configuratie, uitgevoerd om de gewenste luchtdebiet te kunnen behandelen met de wassers die worden voorzien met behoud van de contacttijd. De configuratie van de in serie geschakelde wasser ('Wasser 2') wordt, zoals eerder aangegeven, nader bepaald.

De totale luchtwasinstallatie wordt daarmee als volgt:

² <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/lucht/digitale-ner/luchtemissie/overzicht-factsheets/factsheets/zure-gaswasser-acid/>

³ <https://www3.epa.gov/ttn/catc/dir1/fpack.pdf>

⁴ <http://www.prairieswine.com/pdf/3042.pdf>



In het biobed wordt aanvullend nog enige ammoniak (+/- 30%)^{5,6} en met name geur verwijderd. Ingenia heeft in het technisch schetsontwerp defensief aangenomen dat in het biobed geen verwijdering van ammoniak optreedt.

Toelichting op het rendement van de gaswasser

Het werkingsprincipe van een gaswasser is gebaseerd op het concentratieverschil van een op te lossen component tussen de gas- en vloeistoffase en de weerstand tegen dit stofoverdrachtproces. De bijbehorende flux (massa transport) is het gevolg van de sequentiële weerstanden: gasfase, het gaszijdige en vloeistofzijdige deel van het grensvlak en de vloeistof (bulk). Dit betreft het 2-filmmodel van Lewis.

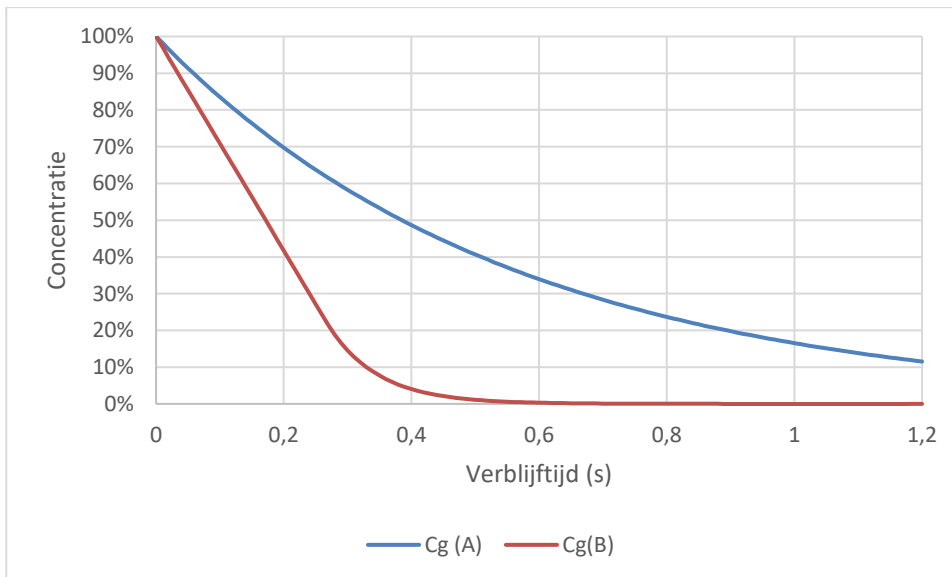
In veel gevallen in de praktijk worden gaswassers gebruikt voor stoffen die in lage concentratie in de lucht aanwezig (geurhinder), of waarvan de oplosbaarheid in water beperkt is. Bij dit type absorptieprocessen ligt de weerstand vaak in de vloeistoffase en is de flux relatief laag. Hierdoor is er veel verblijftijd (contacttijd) noodzakelijk (= grote gaswasser, meerdere gaswastrappen). Een voorbeeld hiervan is gegeven in figuur 2, Cg(A) blauwe curve. In deze figuur is het verband gegeven tussen de (superficiële) verblijftijd en de afname van de concentratie van een bepaalde component.

In het bijzondere geval van chemisch versnelde gasabsorptie (gasabsorptie gevolgd door een chemische reactie) tussen een sterk zuur (zwavelzuur) en een sterke base (ammoniak)⁷, waarvan de reactie instantaan verloopt en waarvan de reactieproducten zeer goed oplosbaar zijn in water, is er sprake van een zeer goed absorptieproces. De - in dit geval geringe - weerstand tegen stofoverdracht ligt hier volledig in de gasfase. Deze weerstand is sowieso altijd laag, en doordat de weerstanden in de andere grensvlakken in dit bijzondere geval laag zijn, is de netto weerstand ook laag. Dat betekent dat de absorptieflux relatief hoog is. Een voorbeeld van een dergelijk stofoverdrachtproces is gegeven in figuur 2 onder Cg(B), rode curve. Hier is goed te zien dat, in dit voorbeeld, het eerste stuk (tot 0,3 seconden) lineair is. Dit resulteert in een (nagenoeg) constant rendement van het absorptie-proces. Pas bij heel lage concentraties (in dit voorbeeld <10% component resterend) gaat de absorptie minder effectief worden.

⁵ <http://www.infomil.nl/milieumaatregelen/onderwerpen/emissiebeperking/biofiltratie-biobed/>

⁶ <https://www3.epa.gov/ttn/catc/dir1/fbiorect.pdf>

⁷ In de situatie bij MACE is sprake van chemisch versnelde gasabsorptie.



Figuur 2 – Voorbeeld concentratie in gasfase van uit te wassen component als functie van superficiële verblijftijd

Het rendement van industriële gaswassers op ammoniakverwijdering met zwavelzuur is vrijwel altijd groter dan 99%. Conform figuur 2, rode curve, is te zien dat over een groot gebied het verband lineair is; alleen bij lage concentraties neemt het rendement af. Voor ammoniakwassers is dit omslagpunt doorgaans rond de 5-10 mg/Nm³.

Literatuur 4 - Verwijderingsrendement ammoniak in zure luchtwassers (uit bron 3: Infomil -> milieumaatregelen)

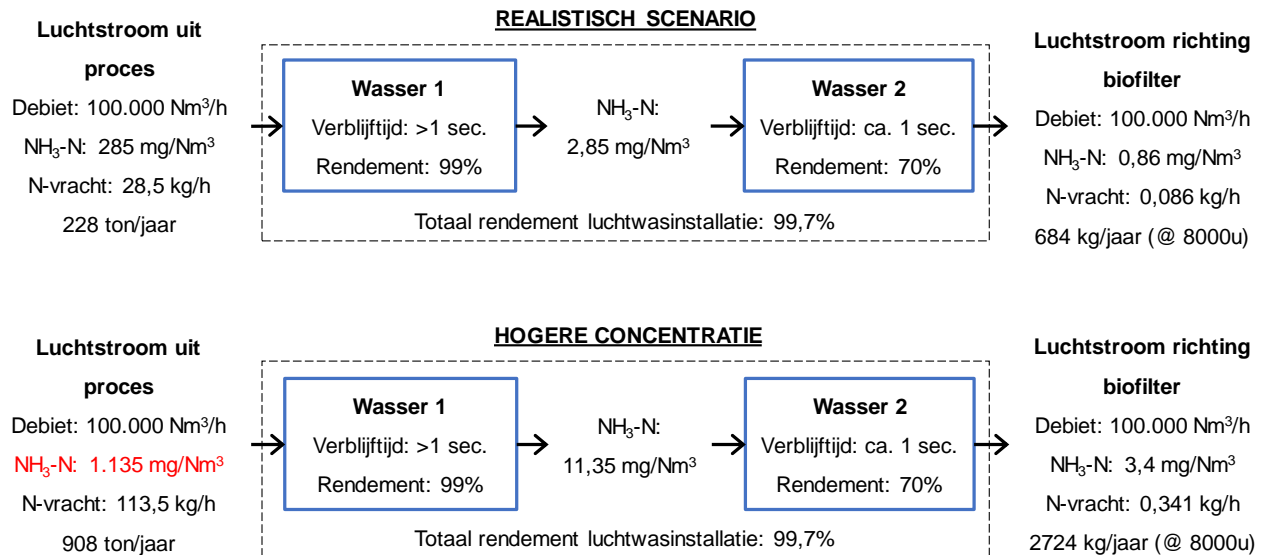
Componenten

Verwijderde componenten	Verwijderings-efficiëntie ¹ , %	Restemissie, mg/m ₀ ³	Validatiekengetal
NH ₃ en amines	99	< 1	3
Esters	80	-	3
Ethyleenoxide	99	-	1

Toelichting op ammoniakverwijdering in het biobed

In de praktijk wordt ook ammoniak in biobedden verwijderd, grofweg 30-70%. Dit is concentratie-afhankelijk. Belangrijke randvoorwaarde is dat de ingaande ammoniakconcentratie langdurig gemiddeld beneden 5 mg/Nm³ blijft en bij voorkeur beneden 35 mg/Nm³. Bij lage ingaande concentraties is het rendement in de wasser niet relevant, zoals in onderhavig geval. Derhalve is onze mededeling over “30% rendement” feitelijk niet van toepassing.

In onderstaand stroomschema wordt vergeleken welke emissie van ammoniak er zou kunnen optreden bij 1) een realistisch scenario en 2) een hoger gehalte ammoniak in de lucht naar de wasser.



Figuur 3 – Indicatieve restemissie ammoniak bij verschillende scenario's

Bij de getallen in bovenstaand stroomschema moet het volgende worden opgemerkt.

- De getallen wijken op details enigszins af van de getallen in de rest van deze notitie. Dit doet aan de boodschap niets af.
- Deze restemissie ammoniak kan in de praktijk worden gerealiseerd, als er voldoende borging in de ontwerp- en operationele fase van de gecombineerde installaties wordt gerealiseerd. Het is in dit stadium niet realistisch ervan uit te gaan dat de installatie exact deze emissie in de praktijk ook zal bereiken. Ingenia stelt voor de haalbare restemissie te vervangen door een veiligheidsmarge van enkele honderden kg per jaar. Hierin zijn dan ook onvoorziene omstandigheden en storingen verdisconteerd.

Het totale, aangenomen verwijderingsrendement voor ammoniak is 99,7%. Daarmee reduceert het berekende debiet aan minerale stikstofverbindingen (N_{min}) in de lucht in dit onrealistische worst-case scenario van 904 ton/jaar ingaand tot 2,7 ton/jaar = 2.711 kg/jaar (uitgaand). Uitgedrukt als ammoniak (molmassa 17/14) is dit 3,3 ton (3.292 kg) per jaar. Het geproduceerde spuiwater (oplossing van ammoniumsulfaat) wordt aan de indamper toegevoerd voor verwerking.

6. Omgekeerde osmose

Binnen het procestechnisch ontwerp zijn twee installaties voor omgekeerde osmose (OO) voorzien:

De eerste, kleine OO ontdoet het condensaat uit de warmteterugwinning van de lucht uit de hygiënisatie van ammoniumstikstof. Deze wordt aangestroomd met een debiet van 9,1 m³/uur dat eerst door een filtratie is gevoerd. Aangenomen wordt hierin een concentratie NH₄-N van 1 g/l. Uit deze OO ontstaat 8,3 m³/uur permeaat dat nog 1 mg/l NH₄-N bevat. Dit wordt naar de tweede, grote OO gevoerd die dit + het effluent van de indamper-stripper nazuivert. Het concentraat (0,8 m³/uur met 10 g/l NH₄-N) wordt als percolaat aan de hygiënisatie teruggevoerd. De vracht minerale stikstof uit de kleine OO naar de grote OO is 57 kg/jaar.

De tweede, grote OO is achter de indamper-stripper voorzien als “veiligheidsfilter” om te borgen dat geen ongewenste emissies naar het oppervlaktewater plaats vinden, zoals ook door het Waterschap vereist voor de lozingsvergunning. Er wordt, conform technische garantie van de leverancier van de indamper, van uitgegaan dat de output van de indamper-stripper maximaal 10 mg/kg N_{min} bevat. Voor het permeaat uit de eerste OO geldt dat de stikstofconcentratie 1 mg/kg bedraagt. De totale vracht minerale stikstof naar de tweede, grote OO is daarmee 3,7 ton/jaar. Deze tweede, grote OO zal deze gecombineerde input zuiveren tot een stikstofgehalte < 1 mg/kg N_{min} conform vergunning. Het concentraat met een concentratie van 7 kg/ton N_{min} wordt teruggevoerd aan de buffertank voor dunne fractie voor de indamper-stripper. De concentratie N_{min} in het concentraat van deze OO is vergelijkbaar met die in het concentraat van de installaties B, C en F in de pilot mineralenconcentraten (2011), die qua grootte en proces het meest met het initiatief van MACE overeenkomen:

Literatuur 5 – tabel 2 uit *Synthese Pilot Mineralenconcentraten* (Velthof, WUR, 2011, p. 22)

Gemiddelde gehalten aan stikstof, fosfor en kalium (in g per kg) in de mineralenconcentraten van de installaties¹

Installatie	Droge stof	Organische stof	N-totaal	N-NH ₄	P	K	Aantal monsters
A	29,1 ^a	10,5 ^{ab}	6,41 ^a	5,92 ^a	0,20 ^a	7,08 ^{ab}	16
B	39,3 ^b	18,2 ^{bc}	7,17 ^a	6,86 ^b	0,01 ^b	6,75 ^a	17
C	40,2 ^b	19,3 ^c	8,92 ^b	7,77 ^c	0,34 ^c	8,44 ^c	22
D	25,8 ^{ac}	7,81 ^a	5,26 ^c	4,72 ^d	0,11 ^d	6,81 ^a	19
E	19,4 ^c	6,32 ^a	4,16 ^d	3,56 ^e	0,08 ^{bd}	5,53 ^d	10
F	33,9 ^{ab}	13,7 ^{abc}	8,12 ^b	7,13 ^{bc}	0,26 ^a	8,08 ^{bc}	13
H	113 ^d	70,7 ^d	11,0 ^e	10,5 ^f	0,27 ^{ac}	15,7 ^e	4

Deze tweede OO brengt daarmee bijna 90% van de minerale stikstof uit de input in het concentraat. Dit komt overeen met de verdeling van N-NH₄ in de massabalans (literatuur 6) van de bovengenoemde installaties B, C en F, waarbij resp. 69/69 = 100%, 66/70 = 94% en 70/73 = 96% van de N-NH₄ in het concentraat komt:

Literatuur 6 – tabel 4 uit *Synthese Pilot Mineralenconcentraten* (Velthof, WUR, 2011, p. 22) (gedeeltelijk)

Tabel 4

Relatieve massaverdeling van fosfor, organische stof, droge stof, stikstof, ammonium en kalium over de eindproducten van de verwerkingsinstallaties op de installaties (in %).

Ruwe mest/digestaat	P	Organische stof	Droge stof	N-totaal	N-NH ₄	K
	100	100	100	100	100	100

B	Dikke fractie	100	98	95	52	35	24
	Concentraat OO	0	14	21	49	69	67
	Permeaat OO	0	0	0	0	0	0
	Saldo (input-output)	0	-12	-16	-1	-4	9
C	Dikke fractie	92	92	84	42	26	18
	Concentraat OO	8	13	20	51	66	73
	Permeaat OO	0	0	0	3	4	1
	Saldo (input-output)	0	-5	-4	4	4	8
F	Dikke fractie	93	99	89	42	26	17
	Concentraat OO	7	12	21	53	70	80
	Permeaat OO	0	0	0	2	3	1
	Saldo (input-output)	0	-11	-10	3	1	3

Tabel 3 – verdeling totale en minerale stikstof over inputs en outputs OO installaties

	vracht (ton/jr a.r.) @ drogestofgehalte	Ntot (kg/t) vracht (ton/jr)	Nmin (kg/t) vracht (ton/jr)
Input OO1: condensaat uit lucht uit hygiëniseratie	77.316 t/jr @ 0,0%	1 kg/t 66 t/jr	1 kg/t 66 t/jr
Output OO1: concentraat retour als percolaat hygiëniseratie	6.643 t/jr	10 kg/t 66 t/jr	10 kg/t 66 t/jr
Output OO1: permeaat	70.676 t/jr @ 0,0%	1 mg/kg 60 kg/jr	1 mg/kg 60 kg/jr
Input OO2: som van condensaat indamper-stripper en permeaat OO1	367.242 t/jr @ 0,0% + 70.676 t/jr @ 0,0% = 437.918 t/jr @ 0,0%	10 mg/kg 3,7 ton/jr + 1 mg/kg 60 kg/jr = 10 mg/kg 3,7 ton/jr	10 mg/kg 3,7 ton/jr + 1 mg/kg 60 kg/jr = 10 mg/kg 3,7 ton/jr
Output OO2: concentraat	482 t/jr @ 0,7%	6,8 kg/ton 3,4 ton/jr	6,8 kg/ton 3,4 ton/jr
Output OO2: permeaat naar oppervlaktewater	437.436 t/jr @ 0,0%	1 mg/kg 375 kg/jr	1 mg/kg 375 kg/jr

Noot: van het permeaat naar oppervlaktewater worden twee deelstromen hergebruikt. Er wordt een deel als voedingwater voor de luchtwassers gebruikt (16.966 ton/jaar) en er wordt 10.400 ton/jaar hergebruikt als voedingwater voor de stoomketel voor de indamper-stripper. Het overgrote deel wordt geloosd op oppervlaktewater (410.553 ton/jaar).

7. Gevoeligheidsanalyse hoger gehalte minerale stikstof

Op verzoek van bevoegd gezag is onderzocht wat het gevolg is indien de mest meer minerale stikstof bevat, bijvoorbeeld indien zeer verse mest wordt ingenomen. In het onrealistische scenario waarbij alle minerale stikstof uit de hygiëniseratie naar de luchtfase gaat, wordt de indamper-stripper combinatie met de nominale input al maximaal belast. De totale vracht minerale stikstof mag in dit scenario niet verder stijgen. Dit is geen echt bezwaar omdat dit scenario zoals gezegd niet realistisch is. Doordat er altijd een evenwicht zal heersen tussen NH_4^+ in de waterfase en NH_3 in de lucht zal de 100% nooit bereikt worden. Uiteraard leidt de hogere concentratie ammoniak ook tot een hogere belasting

van de luchtwassers. Zoals hierboven al betoogd is het benodigde verwijderingsrendement voor een goed ontworpen, gebouwde en gebruikte industriële gaswasser ruimschoots haalbaar.

8. Beschouwing

Van de 3 miljoen kg/jaar totale stikstof die met de mest wordt ingenomen, vindt in dit worst-case scenario 99,87% zijn weg naar nuttige producten: 63,4% in de gehygiëniseerde dikke fractie en 36,5% in hooggeconcentreerd ammoniumsulfaat. Slechts 3.100 kg/jaar komt vrij naar het milieu, waarvan ca. 375 kg/jaar naar water en 2.711 kg/jaar (3.292 kg NH₃) naar lucht.

De gepresenteerde getallen zijn afkomstig uit het technische schetsontwerp dat Ingenia in opdracht van MACE gemaakt heeft. Het voornaamste doel van dit schetsontwerp was het maken van een eerste massabalans voor de gehele installatie om input en output te kwantificeren. Hoewel de balans sluitend is, en het aantal significante cijfers een grote nauwkeurigheid suggereert, moet worden beseft dat dit slechts een benadering van de werkelijkheid met beperkte nauwkeurigheid is. Bij meer gedetailleerd ontwerp kunnen cijfers veranderen en ook tijdens bedrijf kunnen en zullen waarden anders zijn, bijvoorbeeld door veranderende samenstelling van de input.

Door de keuze van de eindverwerkingstechnologieën is ook in dit extreme scenario geborgd dat de emissies naar het milieu niet boven de gestelde waarden zullen uitkomen. De (tweede) installatie voor omgekeerde osmose borgt dat de concentratie minerale stikstof in het te lozen water naar oppervlaktewater niet boven 1 mg/m³ komt. De gecombineerde luchtwassers en het biobed kunnen een veel hoger verwijderingsrendement van ammoniak (en overigens ook van geur) uit de lucht waarmaken dan waarmee op dit moment wordt gerekend. Hiermee is de door de vergunning opgelegde minimalisatieverplichting voor uitstoot van stikstofverbindingen, en daarmee van de mogelijke impact op het leefmilieu en de gezondheid in de wijde omgeving, ruimschoots ingevuld.

Bijlage(n)

- PFD massabalans MACE (schetsontwerp) (RHDHV bijlage M10.3) in zowel 25% als 100% N_{min}-lucht
- SGS meetrapport "Geur- en ammoniakmetingen Upcycling Gemert BV 3 oktober 2016"

Bijlage: tabellen die voor overzicht uit hoofdstuk verwijderd zijn

Tabel 4 – verdeling totale en minerale stikstof over inputs en outputs indamper-stripper

	vracht (ton/jr a.r.) @ drogestofgehalte	Ntot (kg/t) vracht (ton/jr)	Nmin (kg/t) vracht (ton/jr)
Input 1 (dunne fractie)	375.519 t/jr @ 2,0%	3,5 kg/t 1.325 ton/jr	2,9 kg/t 1.098 ton/jr
Input 2 (spui luchtwassers)	21.274 t/jr @ 20%	42,6 kg/t 902 ton/jr	42,6 kg/t 902 ton/jr
Input 3 (concentraat OO)	482 t/jr @ 0,7%	7 kg/t 3,4 ton/jr	7 kg/t 3,4 ton/jr
Input hulpstof (zwavelzuur)*	4.004 t/jr @ 96%	0 kg/t 0 ton/jr	0 kg/t 0 ton/jr
Input hulpstof (stoom)*	10.400 t/jr @ 0,0%	0 kg/t 0 ton/jr	0 kg/t 0 ton/jr
Input 1+2+3 (totaal uit buffertank)	397.208 t/jr @ 2,9%	5,6 kg/t 2.228 ton/jr	2,9 kg/t 2.001 ton/jr
Output (mineralenconcentraat)	31.918 t/jr @ 30%	31,7 kg/t 1.130 ton/jr	25,3 kg/t 902 ton/jr
Output (ammoniumsulfaat)	12.439 t/jr @ 41,5%	88 kg/t 1.094 ton/jr	88 kg/t 1.094 ton/jr
Output (loosbaar water naar omgekeerde osmose)	367.242 t/jr @ 0,0%	10 g/m ³ 3,7 ton/jr	10 g/m ³ 3,7 ton/jr

Tabel 5 – verdeling totale en minerale stikstof over inputs en outputs hygiënisering

	vracht (ton/jr a.r.) @ drogestofgehalte	Ntot (kg/t) vracht (ton/jr)	Nmin (kg/t) vracht (ton/jr)
Input (dikke fractie vijzelpers)	43.568 t/jr @ 30%	5,5 kg/t 240 ton/jr	0,9 kg/t 40 ton/jr
Input (dikke fractie zeefbandpers)	80.913 t/jr @ 24%	17,7 kg/t 1.435 ton/jr	10,7 kg/t 862 ton/jr
Input (mineralenconcentraat)	31.918 t/jr @ 30%	35,4 kg/t 1.130 ton/jr	28,2 kg/t 903 ton/jr
Input (totaal substraten)	156.400 t/jr @ 26,9%	17,9 kg/t 2.807 ton/jr	11,2 kg/t 1.805 ton/jr
Input (retour percolaat uit OO)	6.643 t/jr @ 1,0%	1 kg/t 66,4 ton/jr	1 kg/t 66,4 ton/jr
Input (afgezogen lucht uit hal en buffers)	46.496 Nm ³ /h bevat 5.128 t/jr vocht	3 mg/Nm ³ 1 ton/jr	3 mg/Nm ³ 1 ton/jr
Output (gehygiëniseerde droge organische meststof)	59.592 t/jr @ 60%	30 kg/t 1.903 ton/jr	14,2 kg/t 903 ton/jr
Output (te reinigen lucht naar luchtwassers, na condensatie)	46.496 Nm ³ /h bevat 24.468 t/jr vocht	2.426 mg/Nm ³ 902 t/jr	2.426 mg/Nm ³ 902 t/jr
Output (condensaat naar OO)	77.316 t/jr @ 0,0%	1 kg/t 66 ton/jr	1 kg/t 66 ton/jr
Output (afbraak organische stof)	5.348 t/jr @ 100%	0 kg/t 0 ton/jr	0 kg/t 0 ton/jr

Tabel 6 – verdeling totale en minerale stikstof over inputs en outputs luchtwassers en biobed

	vracht (ton/jr a.r.) @ drogestofgehalte	Ntot (kg/t) vracht (ton/jr)	Nmin (kg/t) vracht (ton/jr)
Input (lucht uit hygiëniseratie)	46.496 Nm ³ /h vochtig bevat 24.468 t/jr vocht	2.426 mg/Nm ³ 902 ton/jr	2.426 mg/Nm ³ 902 ton/jr

Input (aanvullend hallucht*)	53.504 Nm ³ /h	3 mg/Nm ³ 1 ton/jr	3 mg/Nm ³ 1 ton/jr
Input lucht totaal	100.000 Nm ³ /h	1.130 mg/Nm ³ 903 ton/jr	1.130 mg/Nm ³ 903 ton/jr
Input hulpstof (zwavelzuur)	3.280 t/jr @ 96%	0 kg/t 0 ton/jr	0 kg/t 0 ton/jr
Input hulpstof (water)	16.966 t/jr @ 100%	0 kg/t 0 ton/jr	0 kg/t 0 ton/jr
Output (gereinigde lucht)	100.000 Nm ³ /h vochtig bevat 24.468 t/jr vocht	3 mg/Nm ³ 2.711 kg/jr	3 mg/Nm ³ 2.711 kg/jr
Output (spui: ammoniumsulfaat)	21.207 t/jr @ 20%	42,6 kg/t 900 ton/jr	42,6 kg/t 900 ton/jr

* het vocht uit de additionele hallucht wordt nu even verwaarloosd omdat het in de stikstofbalans geen rol speelt.